

Línea de investigación: Las TICs y la didáctica en la enseñanza de la química en cursos universitarios iniciales

Zulma Cataldi, M. Cristina Donnamaría y Fernando J. Lage

zcataldi@posgrado.frba.utn.edu.ar, donna@iflysib.unlp.edu.ar, flage@fi.uba.ar,

Escuela de Educación de Posgrado. Facultad Regional Buenos Aires Universidad Tecnológica Nacional.

LIEMA Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. Ciudad de Buenos Aires.

Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos (IFLYSIB) y Comisión de Investigaciones Científicas Provincia de BsAs. (CICPBA) La Plata.

CONTEXTO

En esta comunicación se describen los avances del Proyecto de Investigación y Desarrollo: *La Didáctica de la Química y el uso de TICs en su enseñanza en cursos universitarios iniciales, periodo 2008-2010* TEUTNBA933 de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de Programa “*Tecnología Educativa y enseñanza de la Ingeniería*”. Este Proyecto está radicado en la Escuela de Educación de Posgrado, la Carrera de Licenciatura en Ciencias Aplicadas y la UDB Química. (s/Res. 2573/08) de la Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires.

RESUMEN

En el laboratorio químico real los tiempos de trabajo siempre son escasos, como así los productos químicos y los docentes auxiliares disponibles. Surge así un nuevo paradigma de trabajo virtual que se complementa con las clases y la labor en el aula. Esta nueva forma de interacción tiene tres componentes básicos para la herramienta software: los laboratorios virtuales, los programas de modelación y los simuladores que apoyan los procesos de enseñanza y facilitan la tarea al docente. Por este motivo, se estudia la didáctica en la enseñanza de la química con el uso de los simuladores y los laboratorios virtuales. El software permite el trabajo en un ambiente protegido que facilita la tarea y convierte al laboratorio en una aventura sin riesgos permitiendo que los estudiantes ensayen, prueben y se arriesguen a equivocarse sin miedos. Los programas ayudan también a representar eventos del mundo real lo más cercanos posibles a como aparecen en la realidad. El uso de programas de aplicación permite incrementar el interés de los estudiantes al “aprender haciendo”. Así se busca que recuperen la satisfacción respecto de sus aprendizajes a través de la adopción de estos complementos virtuales que les abren nuevas opciones y en alguna medida, se pueda revertir la idea de que la química es difícil como normalmente la conciben y que la puedan aprender con motivación.

Palabras clave: Simuladores, enseñanza de química, laboratorios virtuales

1. INTRODUCCION

La química es una disciplina que forma parte del diseño curricular de un gran número de carreras de universitarias y está presente en todos los aspectos de la vida cotidiana por lo que no se puede obviar su existencia. Con el uso de las computadoras han aparecido nuevas formas de aprendizaje para la enseñanza de la química que posibilitan su acercamiento a alumnos para quienes les resulta una asignatura muy poco interesante.

En primera instancia se busca analizar desde los marcos teóricos del aprendizaje haciendo basado en ideas de Dewey (1989), desde cambio conceptual y desde la pedagogía de la comprensión algunas de las aplicaciones disponibles hoy día que permiten que los estudiantes puedan llevar a cabo sus experiencias químicas sin peligro, dado que el laboratorio virtual o el simulador son verdaderos ambientes protegidos. Un ambiente protegido es aquel donde no existe riesgo de exposición física donde la informática ha creado herramientas como el correo electrónico o chat que permiten interactuar sin riesgos físicos. Así los software ya sean simuladores o laboratorios virtuales se constituyen en un ambiente protegido (Lage, 2001). Por otra parte, dado que se trata de un software que facilita la tarea, convierte al trabajo de laboratorio y sus precauciones por accidentes en una opción de aprendizaje donde el alumno puede equivocarse y repetirla las veces que fueran necesarias hasta apropiarse de los conceptos en juego ya que la inversión es por demás baja, lo que no sería posible en un laboratorio real (Cabero, 2007).

Por otra parte la computadora, permite cambiar la imagen negativa que el alumno tiene de la química, así la recibe de una manera más interesante buscando explorar el nuevo ambiente promoviendo así el autoaprendizaje y la aplicación de las capacidades de análisis, síntesis y evaluación, fomentando el pensamiento crítico usando los laboratorios virtuales y la estrategia de aprendizaje basado en problemas con problemas semejantes a los reales, favoreciendo la adquisición de técnicas de aprendizaje, con la posibilidad de transferencia otras áreas y promover en el estudiante, la comprensión de mecanismos de reacción química, la motivación e interés en experimentos de química. En primer lugar,

es de interés que los estudiantes recuperen la satisfacción respecto de sus aprendizajes y por otra también interesa la adopción de los complementos virtuales les ofrezcan nuevas opciones, para poder revertir la idea de que la química es difícil como normalmente la conciben y que la puedan aprender con motivación. Así, los estudiantes expuestos a experiencias de simulaciones interactivas de laboratorios a través de multimedia se ha visto que mejoran el dominio del material de laboratorio y de los procedimientos que deberán aplicar en las prácticas reales. De este modo basado en sistemas informáticos se pueden desarrollar y aplicar simuladores y laboratorios para la acción y el descubrimiento, es decir aprender haciendo, investigando y superando el conflicto cognitivo que conlleve al cambio conceptual desde una pedagogía para la comprensión.

1.1. La investigación en Didáctica de la Química

La investigación se inscribe en un objetivo general que es: *generar un cuerpo de conocimientos en las áreas de interés de la didáctica específica de la Química.*

El acto de enseñar implica enseñar algo con una epistemología del conocimiento enseñado, donde confluyen conocimientos prácticos y propios de la disciplina. Desde la didáctica, más allá de lo que pase con el aprendizaje, el docente es responsable de la buena propuesta y de su acción para una buena enseñanza. Así se analizará la problemática de la relación entre una propuesta didáctica y las condiciones de su puesta en práctica en contextos específicos partiendo de suponer que la enseñanza es una actividad eminentemente práctica que requiere la reflexión y toma de decisiones pedagógicas por parte del docente (Camilloni, 1998). Surgen as las preguntas de investigación: ¿Cuáles de las categorías de estrategias didácticas aparecen en las prácticas?, ¿Cuáles son las formas de enseñar de cada docente?, ¿Cuáles son comunes o recurrentes?, ¿Cuáles son las creencias que surgen?, ¿Cómo se evidencian éstas cuestiones?, ¿Cómo se visualiza en currículum?, ¿Usan recursos tecnológicos?, ¿Cómo se usan, dentro de qué marcos teóricos?, ¿En qué momento y con qué finalidad?, ¿Que técnicas utilizan para abordar un contenido con tecnología?, ¿Cómo evalúan el proceso de enseñanza?, ¿En forma continua?, ¿Se autoevalúa el docente?, ¿Y el alumno?, ¿Qué piensan los alumnos?, ¿Qué estrategias les resultan más eficientes?. Basado en la necesidad de una didáctica de la Química surgen tres caminos posibles que se entrelazan como posibles objetivos para recortar el objeto de investigación: 1) Sistematizar los conocimientos significativos sobre la didáctica de la química, desde la perspectiva de la epistemología de la ciencia, la psicología del aprendizaje, la didáctica general y la didáctica de las ciencias, 2) Analizar las dificultades del aprendizaje

de los distintos temas de química de la enseñanza universitaria, a partir de las ideas que plantean los alumnos y 3) Interpretar y analizar los modelos didácticos de los profesores en formación a fin de aplicar a los mismos una metodología de cambio conceptual. Y Analizar las estrategias didácticas docentes y el uso de la incorporación de TICs en la enseñanza. Por lo tanto, para el estudio de las tecnologías informáticas aplicadas a la educación en química los objetivos que interesan son: a) *Indagar acerca de la inclusión de TICs en la enseñanza en cursos iniciales y su influencia en la metodología de educación en ciencias químicas y b) Analizar las estrategias didácticas docentes y el uso de la incorporación de TICs en la enseñanza.*

1.2. Algunas consideraciones sobre el aprendizaje de las ciencias: Aprender haciendo, el cambio conceptual y la pedagogía de la comprensión

La idea básica en Dewey (1989), es que el individuo se desarrolla en interacción con el contexto, y el papel de la educación es el de hacer que los individuos organicen sus experiencias aprendiendo en la interacción con el medio y su vinculación con la vida. Es una perspectiva que se apoya en la racionalidad de las ciencias, y que cree en la posibilidad de cambiar la sociedad a través de la educación. Desde su concepción del currículum Dewey remarcó la necesidad de que la escuela fuera una promotora de experiencias de cultura democrática. Pero, aprender haciendo supone que los aprendices se deban enfrentar con problemas “reales”, que tengan que ver con su propia implicación personal, perceptiva, cognitiva, y que no sean problemas de tipo “académicos”, alejados de cualquier situación práctica. Detrás de la idea de aprender haciendo, como en otros tipos de aprendizaje, hay concepciones más concretas de lo que es el aprendizaje.

El verdadero aprendizaje de las ciencias hace uso de la abstracción, siendo las operaciones abstractas las que se llevan a cabo cuando se comprende la estructura y funcionamiento de los sistemas en estudio y se interpretan las evidencias que llegan de objetos o fenómenos que no se pueden presenciar, y cuando se busca predecir acontecimientos por deducción a partir de las leyes de comportamiento. La abstracción sólo se adquiere tras un largo proceso evolutivo de desarrollo psíquico e intelectual, que comienza al nacer y finaliza con la etapa del pensamiento formal en la edad adulta. Es decir, cada individuo requiere un tiempo propio para llegar a esta etapa dependiendo de su predisposición genética, así como de estímulos, intereses y experiencias de aprendizaje que el ambiente les haya propiciado (Piaget, 1970).

Es así que más allá de la abstracción, para pasar del mundo macroscópico al submicroscópico para entender algunos de los temas esenciales, el docente

se encuentra en una situación donde debe buscar un enfoque motivador que supere las dificultades de recibir un grupo de estudiantes con una formación heterogénea y con preconceitos arraigados desde un modelo intuitivo y hasta ingenuo.

Los obstáculos al cambio conceptual, se podrían identificar con las restricciones estructurales del conocimiento implícito, se trataría de ayudar al estudiante a construir las estructuras conceptuales adecuadas (interacción, equilibrio, cuantificación, etc.) para asimilar las teorías científicas incompatibles con sus conocimientos implícitos (teorías implícitas).

La comprensión implica traducir o asimilar una información nueva a los conocimientos previos. El aprendizaje requiere que se activen estructuras de conocimiento previas a las cuales poder asimilar la nueva información. Pero, *“la asimilación de esa información nueva tiende a producir cambios en esas estructuras de conocimiento, generando conceptos más específicos por procesos de diferenciación o principios más generales, por procesos de generalización”* (Perkins, 1995). Sin embargo, a veces la comprensión o asimilación de una nueva información no es posible porque el estudiante no dispone de conocimientos previos relevantes o los que activa no son los apropiados y en ese caso, cuando no existen conocimientos previos adecuados se requiere un verdadero cambio conceptual y no tan solo la comprensión de un concepto.

Cuando los conceptos nuevos son relacionados de un modo sustancial, con lo que el alumno ya sabe y a través de los conocimientos previos, se produce la asimilación cognitiva y la memorización comprensiva. Perkins (1999) dice que *“comprender es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe ... la capacidad de desempeño flexible es la comprensión”*.

“Comprender es pensar con lo sabido y aplicarlo con flexibilidad en el mundo (...). No es simplemente tener conocimientos, como muchas veces se cree, sino tener la habilidad de pensar con lo que se sabe y poder aplicarlo flexiblemente en el mundo. Entendemos la comprensión como una habilidad para desempeñarse con el conocimiento que se tiene” (Stone Wiske, 2007a,b).

1.3. Metodología

Dada la naturaleza del problema en estudio, los objetivos que se persiguen en el proyecto y que la investigación actual en el área requiere de especialistas en la disciplina y en didáctica. El presente proyecto se inscribe bajo un enfoque cualitativo, en tanto se entiende que los hechos educativos deben ser considerados dentro de un contexto, por lo que el investigador se “sumerge” en el ámbito seleccionado. Se busca en una primera instancia conocer el ámbito en el que se inscribe la

misma y las características de los sujetos en estudio: docentes que enseñan química básica a fin de conocer sus trayectorias previas en la profesión, formación en docencia y su visión acerca de las necesidades de los estudiantes para una formación básica en programación desde su propia reflexión.

Los pasos a seguir serán. a) Análisis de las estrategias didácticas docentes y el uso de las TICs, b) Generación de espacios de intercambio e interacción para actualización docente, c) identificación de las concepciones metodológicas de intercambio de información que prioricen los temas, d) Elaboración de bases para una didáctica de la química y cuerpo de contenido propio.

2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

2.1. Laboratorios virtuales y simuladores: software de aplicación para aprendizaje

La realización de prácticas en *laboratorios*, es uno de los objetivos más importantes que debe perseguir la enseñanza de la química ya que *además de ayudar a comprender los conceptos, permite a los alumnos incursionar en el método científico*, todas las prácticas en los laboratorios reales o virtuales, requieren que el estudiante desarrolle capacidades y destrezas como la autopreparación, a través de una serie de documentos impresos o electrónicos, la ejecución, la obtención de resultados, su evaluación y comunicación a través de un informe. Estos medios tecnológicos facilitan la tarea, convirtiendo al trabajo de laboratorio y sus precauciones por accidentes en una opción de aprendizaje donde el alumno puede equivocarse y repetirla con una inversión por demás baja, que no sería posible en un laboratorio real. La computadora por otra parte, permite cambiar la imagen negativa que el alumno tiene de la química, así la recibe de una manera más interesante buscando explorar el nuevo ambiente.

La realización de experimentos químicos sin la necesidad de comprar equipo y materiales químicos que son costosos o peligrosos brindan algunas ventajas que impactan en el proceso de aprendizaje. Experimentar en química a través de simulaciones en una computadora personal y sobre todo resolviendo problemas previos permite: a) Promover en los estudiantes el autoaprendizaje y la aplicación de las capacidades de análisis, síntesis y evaluación, b) Fomentar el pensamiento crítico usando los laboratorios virtuales y la estrategia de aprendizaje basado en problemas con problemas semejantes a los reales, c) Favorecer la adquisición de técnicas de aprendizaje, con la posibilidad de transferencia a otras áreas, d) Promover en el estudiante, la comprensión de mecanismos de reacción química, la motivación e interés en experimentos de química.

Un *simulador* no es otra cosa que conjunto de ecuaciones matemáticas que modelan en forma ideal situaciones del mundo real, ya sea por su dificultad experimentar o comprender. La tecnología ha proporcionado las herramientas y métodos para que el ambiente de simulación se transforme en un ambiente donde convivan videos, animaciones, gráficos interactivos, audio, narraciones, etc. (Casanovas, 2005). “Los programas de simulación construyen modelos en los cuales se representan objetos, atributos de los objetos y relaciones entre predicados científicos” (Lion, 2006). Estos programas permiten modificar algunos parámetros, posiciones relativas, procesos. Las posibilidades de los laboratorios virtuales y las simulaciones se verán plasmadas en un futuro no muy lejano, con el uso de Internet 2 a través de la *teleinmersión* (Cataldi et al., 2007) que permite que las personas que se encuentran en puntos distantes se puedan sumergir en contextos virtuales a través de dispositivos ópticos y manipular datos, compartir simulaciones y experiencias como si estuvieran juntas.

“Los programas de simulación permiten que los estudiantes ensayen, prueben y se arriesguen a equivocarse. Ayudan a representar eventos del mundo real lo más cercanos posibles a como aparecen en la realidad” (Lion, 2006). De acuerdo a lo señalado, la construcción de los simuladores requiere de muchas habilidades de los diseñadores, no es una tarea sencilla, y su costo está en proporción al tiempo que insume su producción. Así como se vio en los laboratorios, los estudiantes pueden experimentar manipulando variables sin peligro alguno. “Las simulaciones e caracterizan por la presencia de un modelo preestablecido de antemano que no es accesible y transparente al alumno. De esta manera los estudiantes no pueden modificar el modelo que subyace a la simulación. Esta predeterminación en la programación y su incapacidad para producir una situación inesperada o azarosa resulta una limitante para el aprendizaje. Es por ello que los docentes deben recuperar el trabajo con el azar y la aleatoriedad propias de toda situación científica” (Lion, 2006).

La importancia de las simulaciones reside en hacer participe al usuario de una vivencia para permitirle desarrollar hábitos, destrezas, esquemas mentales, etc. que influyan en su conducta, por lo que hace falta también controlar el tiempo de respuesta del usuario ya que en función de éste y de lo acertado de la decisión solucionará la situación simulada. Se pueden resumir en los siguientes principios básicos para el diseño de simuladores (a los que se les deberá sumar las características didácticas deseadas a través de indicadores específicos: a) Concurrencia de canales, auditivos y visuales, en forma proporcionada y sin redundancia, b) Interactividad debida a la toma de decisiones entre alternativas, c) Libre recorrido dentro de las posibilidades preestablecidas, d) Procesamiento de información en

tiempo real para mostrar el resultado en forma instantánea, e) Amigabilidad de la interface con el usuario, f) Valor agregado debido a la relevancia del resultado obtenido por su uso, g) Aspecto atractivo de modo que el estudiante se sienta impactado, h) Unicidad de diseño basado en una técnica y un estilo aplicados a las producciones multimedia y definidos previamente. “Los docentes entienden que los problemas de comprensión no surgen del trabajo con las computadoras sino que tiene que ver con dificultades, en este caso, en la transferencia de conceptos en el proceso de resolución de problemas. Hemos encontrado que los programas de simulación favorecen además la transferencia por que trabajan con una operatividad cercana a la vida cotidiana”. Se trata de transferencia cercana cuando se trabaja en papel y computadora, y lejana ya que establecen pautas y lineamientos orientados a la práctica profesional (Lion, 2006).

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Hoy día se cuenta con programas de simulación¹ muy completos de un laboratorio de química como: a) *Model ChemLab*², en el cual se utilizan equipos y procedimientos de laboratorio para simular los pasos necesarios a fin de efectuar los experimentos de laboratorio y b) *Virtual Laboratory*³ es un Laboratorio Virtual desarrollado a través del proyecto IrYdium de la Universidad Carnegie Mellon que presenta dos versiones, una para trabajar en línea desde el navegador de Internet y otra que se puede descargar e instalar.

Existen programas que están disponibles en sus sitios de Internet que permiten elaborar modelos moleculares y efectuar su visualización, entre los que debido a su nivel de aplicación y facilidad de uso se pueden mencionar:

a) *ChemSketch*⁴ es un programa de uso sencillo, que se puede bajar de Internet en forma gratuita para poder construir ecuaciones químicas, estructuras moleculares y diagramas de laboratorio. Es una aplicación adecuada para crear en forma sencilla moléculas de compuestos orgánicos; experimentar con algunos instrumentos de laboratorio; resolver ejercicios y visualizar u ocultar enlaces.

b) *RasMol*⁵ es un programa para representación gráfica de moléculas grandes (proteínas y ácidos nucleicos) y de pequeñas. Es una herramienta que permite visualizar imágenes que serían imposibles de dibujar en un plano por ser muy complejas, tales como estructuras de ADN y las proteínas.

¹ Se seleccionaron dos casos de los más completos, existe otros también de gran utilidad como VLabQ (Laboratorio virtual del química) <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/article-73438.html>

² http://www.modelscience.com/products_sp.html

³ <http://ir.chem.cmu.edu/irproject/>

⁴ <http://www.acdlabs.com/download/chemsk.html>

⁵ <http://openrasmol.org>

c) *Chime*⁶ es un módulo de programa (plug in) gratuito, que permite manipular representaciones tridimensionales en los navegadores Internet Explorer y Netscape. Su instalación habilita al navegador para trabajar con archivos de moléculas en formato pdb. Funciona de manera similar al programa RasMol y es muy útil cuando el docente necesita explicar a sus estudiantes algunas moléculas complejas. Con este programa se pueden ver, rotar y animar moléculas y cristales.

d) *3D Angles*⁷ Es un programa visualizador de estructuras tridimensionales muy fácil de utilizar; sobre todo para temas como hibridación, que presenta inconvenientes cuando se intenta representar en forma bidimensional las moléculas tridimensionales de compuestos orgánicos. La rotación de las moléculas facilita su visualización desde diferentes ángulos; los tipos de enlaces se indican con distintos colores que ayudan a identificar estereoisómeros.

En el sitio *Chemconnections*⁸ de la universidad de Berkeley (creado por the National Science Foundation para reestructurar el curriculum de química de grado), se tienen simulaciones que son muy útiles de utilizar a través de *applets* de Java y son apropiadas para varios temas de química básica, tal como las leyes de los gases, simulador de reacciones químicas, procesos termodinámicos o procesos de entálpicos y entrópicos. El acceso es fácil y rápido y aunque cada simulación tiene las explicaciones, hace falta mayor información respecto a las variables.

Así los estudiantes expuestos a experiencias de simulaciones interactivas de laboratorios a través de multimedia se ha visto que mejoran el dominio del material de laboratorio y de los procedimientos que deberán aplicar en las prácticas reales. El alumno puede volver a consultar las instrucciones de trabajo, tantas veces como lo requiera hasta entender el procedimiento a seguir, y exigiendo así en el estudiante, la habilidad de observar y tomar notas para realizar posteriormente el experimento en el laboratorio real. El simulador permite un ahorro en recursos monetarios y de instalaciones debido a que no se usan productos químicos, equipos e instalaciones físicas, dado que se realiza en la computadora.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

La producción del grupo de investigación se plasma a través de comunicaciones a eventos y artículos Cataldi *et al.* (2008a,b,c; 2009), formación de los investigadores y tecnólogos participantes en el proyecto y dos tesis de grado en desarrollo en: *Diseño y Evaluación de Laboratorios Virtuales* de Diego Chiarenza (UTN-FRBA) y *Determinación de*

calidad de productos a través descenso crioscópico de Esther Vairo (UTN-FRH).

5. BIBLIOGRAFIA

- Cabero, J. (2008) *Las TICs en la enseñanza de la química: aportaciones desde la Tecnología Educativa*. En BODALO, A. y otros (eds) (2007): *Química: vida y progreso* (ISBN 978-84-690-781, Murcia, Asociación de químicos de Murcia.
- Camillioni, A; Celman, S; Litwin, E y Palou de Maté, M (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Paidós, Buenos Aires.
- Casanovas, I. (2005) *La didáctica en el diseño de simuladores digitales para la formación universitaria en la toma de decisiones: Tesis para Magíster en Docencia Universitaria*, UTN, Bs. As.
- Cataldi, Z. y Lage, F. (2007). *Innovaciones tecnológicas para el desarrollo de interacciones colaborativas en tiempo real: La teleinmersión. Comunicación y Pedagogía* N° 217. TIC en la sociedad de la información. marzo. ISSN: 1136-7733. Páginas 63-70.
- Cataldi, Z. y Lage, F. 2009. *Las TICs en la enseñanza de la química: experimentando y descubriendo en los laboratorios virtuales, con modelos y simulaciones*. ICECE 2009. Buenos Aires. ITBA 8-11 de marzo.
- Cataldi, Z., Dominighini, C.; Gottardo, M. y Donnamaría, D. (2008a) *La investigación educativa en didáctica de la química y la formación docente*. Congreso Nacional de Formación Docente. UNNE. 30 y 31 de octubre.
- Cataldi, Z., Dominighini, C.; Gottardo, M. y Lage, F. (2008b). *La enseñanza de la ingeniería: reflexiones sobre la investigación en estrategias de enseñanza*. Congreso Nacional de Formación Docente. Universidad Nacional del Nordeste. 30 y 31 de octubre.
- Cataldi, Z.; Donnamaría, C. y Lage, F. (2008c). *Simuladores y laboratorios químicos virtuales: Educación para la acción en ambientes protegidos*. Cuaderns Digitals Número 55, diciembre. Páginas 1-10.
- Contreras, D. (1990) *El Currículum como formación, Cuadernos de Pedagogía* 194, Ed. Fontalba.
- Contreras, D. (1994) *Enseñanza, Currículum y Profesorado*, Akal Universitaria, Madrid.
- Dewey, J. (1989) *Como pensamos. Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Paidós. Barcelona.
- Lage (2001) *Ambiente distribuido aplicado a la formación/capacitación de RR HH. Un modelo de aprendizaje cooperativo-colaborativo* Tesis de Magíster en Informática. Facultad de Informática. UNLP
- Lion, C. (2006) *Imaginar con tecnología*. Editorial Stella. La Crujía Eds.
- Perkins, D. (1995) *La Escuela inteligente*. Gedisa.
- Perkins, D. (1999) *¿Qué es la comprensión*, en Stone Wiske, M. (comp) *La enseñanza para la comprensión*, Paidós.
- Piaget. J. (1978): *La Equilibración de las Estructuras Cognitivas*. Madrid, Ed. Siglo XXI.
- Pozo, J. I. (1998): *Aprendices y maestros*. Alianza
- Rodríguez Illera, J. L. (2004) *El aprendizaje virtual. Enseñar y aprender en la era digital*. Homo Sapiens Ediciones
- Stone Wiske, M. (2007) *Conferencia Enseñar para la comprensión con nuevas tecnologías*. Universidad de San Andrés. 8 de mayo.
- Stone Wiske, M. (2007) *Entrevista Clarín* 27 mayo

⁶ <http://www.mdlchime.com/downloads/downloadable/index.jsp>

⁷ <http://www.molsci.ucla.edu/pub/explorations.html>

⁸ <http://mc2.cchem.berkeley.edu/>